茶树油对断奶仔猪血清、肝脏和肠黏膜抗氧化指标的影响[1]

董　丽　王淑楠*　刘　军　毛俊舟　彭　众　霍永久　魏臻武　包文斌　喻礼怀**

（扬州大学动物科学与技术学院，扬州　225009）

摘　要：本试验旨在研究茶树油对断奶仔猪血清、肝脏和肠黏膜抗氧化指标的影响。试验选取 21 日龄体重[(6.73±0.12) kg]相近的健康“杜×长×大”三元杂交断奶仔猪 120 头，随机分为 5 组，每组 6 个重复，每个重复 4 头仔猪。5 个组分别为对照组（CON 组，饲喂基础饲粮）、抗生素组[ANT 组，饲喂基础饲粮+200 mg/kg 硫酸黏菌素（10%）+75 mg/kg 金霉素（15%）]、低茶树油组（LTO 组，饲喂基础饲粮+50 mg/kg 茶树油）、中茶树油组（MTO 组，饲喂基础饲粮+100 mg/kg 茶树油）和高茶树油组（HTO 组，饲喂基础饲粮+150 mg/kg 茶树油）。试验期 21 d。结果表明：1）HTO 组仔猪血清总抗氧化能力（T-AOC）显著高于 LTO 和 MTO 组（$P<0.05$），MTO 组仔猪血清超氧化物歧化酶（SOD）活性显著高于 HTO、CON 和 ANT 组（$P<0.05$），LTO 组仔猪血清过氧化氢（H_2O_2）含量显著低于 MTO、HTO 和 CON 组（$P<0.05$）。2）与 CON 和 ANT 组相比，LTO、MTO 和 HTO 组仔猪肝脏 T-AOC 显著提高（$P<0.05$），LTO 和 MTO 组仔猪肝脏谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性和 H_2O_2 含量显著提高（$P<0.05$），HTO 组仔猪肝脏还原型谷胱甘肽（GSH）含量显著提高（$P<0.05$）；与 CON 组相比，LTO 和 MTO 组仔猪肝脏 SOD 活性显著提高（$P<0.05$）。3）HTO 组仔猪空肠黏膜 GSH-Px 和 SOD 活性显著高于 ANT 组（$P<0.05$），LTO、MTO、HTO 和 ANT 组仔猪空肠黏膜 H_2O_2 含量显著低于 CON 组（$P<0.05$）。4）HTO 组仔猪回肠黏膜 SOD 活性和 GSH 含量显著高于 CON 组（$P<0.05$），LTO、MTO、HTO 和 ANT 组仔猪回肠黏膜丙二醛（MDA）含量显著低于 CON 组（$P<0.05$）。综上，茶树油可提高断奶仔猪血清、肝脏和肠黏膜抗氧化酶活性，减少血清、空肠黏膜 H_2O_2 的含量，进而提高断奶仔猪的机体抗氧化功能，总体效果优于抗生素，建议添加量为 100 mg/kg。

关键词：茶树油；抗生素；断奶仔猪；抗氧化酶；过氧化氢

中国分类号：S828　　　　文献标识码：　　　　文章编号：

收稿日期：2017-10-25

基金项目：扬州市自然科学基金（青年）（YZ2016115）；江苏省自然科学基金青年基金项目（BK20170490）；扬州市市校合作项目（YZ2016257）；江苏省农业科技自主创新资金项目（CX（16）1003）；江苏高校优势学科建设工程资助项目（PAPD）

作者简介：董　丽（1988—），女，江苏海安人，讲师，博士？，从事猪的营养与生理调控研究。E-mail: donglijiayou@126.com

*同等贡献作者

**通信作者：喻礼怀，副教授，硕士生导师，E-mail: 952163339@qq.com

仔猪断奶应激会导致仔猪腹泻、生长受阻和免疫应激。同时，断奶也给仔猪造成巨大氧化应激反应，使其体内自由基动态平衡受到破坏。氧化应激产生的活性氧[主要包括氧离子（O_2^-）、氢氧根离子（OH^-）和过氧化氢（hydrogen peroxide, H_2O_2）]是导致 DNA 损伤的主要原因之一，可破坏细胞的增殖、凋亡、死亡平衡[1-2]。活性氧还可攻击机体脯氨酸、精氨酸、赖氨酸和苏氨酸等氨基酸，诱导机体活性蛋白失活[3]。此外，活性氧可攻击生物膜，造成细胞膜的脂质过氧化[4]。仔猪断奶造成的氧化应激不仅与机体 DNA 损伤、蛋白质损伤和脂质过氧化有关，还与其机体免疫功能密切相关。活性氧可诱导炎性疾病产生，如肠炎[5]、糖尿病[6]、动脉粥样硬化[7]等。氧化应激亦可损坏仔猪肠道黏膜屏障功能和导致肝脏等组织器官的氧化损伤[8-9]。今年来，通过营养调控的方式来减缓仔猪断奶应激，已成为研究热点。

茶树油（tea tree oil, TTO）是从桃金娘科（*Myrtaceae*）白千层属（*Melaleuca*）植物互叶白千层（*Melaleuca ahemifolia*）的新鲜枝叶中蒸馏提取所得的芳香精油。茶树油具广谱抗菌、抗肿瘤、解除焦虑和提高机体免疫功能等功效[10-11]。本实验室前期的研究结果表明，在饲粮中添加适量茶树油可一定程度促进断奶仔猪生长，降低腹泻，促进肝脏和胸腺的发育，且具有一定的调节脂肪代谢作用，可一定程度替代抗生素的使用，且添加 100 mg/kg 茶树油效果较好。茶树油在抗氧化方面也具有积极作用。有研究表明，茶树油中含有的某些成分能与自由基结合，进而可以清除机体内的自由基以达到减缓人体衰老、治疗疾病的作用[12]。因此，本试验在实验室前期研究的基础上，进一步研究茶树油对断奶仔猪血清、肝脏、空肠和回肠黏膜抗氧化指标的影响，并与抗生素的添加效果进行对比，从而为新型无公害饲料添加剂的开发提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用茶树油为粉状饲料添加剂，由无锡晨芳生物科技有限公司提供，其主要成分含量为：松油醇-4>60%，对伞花烃 5%~10%，桉叶素 2%~10%，α-松油醇>3%，α-松油烯<10%，α-派烯<0.5%。

1.2 试验设计与饲养管理

试验选取 21 日龄体重[(6.73±0.12) kg]相近的健康“杜×长×大”三元杂交断奶仔猪 120 头，采用单因子试验设计，随机分为 5 组，每组 6 个重复，每个重复 4 头仔猪，公母各占 1/2。5

个组分别为对照组（CON 组，饲喂基础饲粮）、抗生素组[（ANT 组，饲喂基础饲粮+200 mg/kg 硫酸黏菌素（10%）+75 mg/kg 金霉素（15%）]、低茶树油组（LTO 组，饲喂基础饲粮+50 mg/kg 茶树油）、中茶树油组（MTO 组，饲喂基础饲粮+100 mg/kg 茶树油）和高茶树油组（HTO 组，饲喂基础饲粮+150 mg/kg 茶树油）。试验期 21 d。基础饲粮参照 NRC（2012）仔猪营养需要标准并结合生产实践配制，其组成及营养水平见表 1。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	60.50
豆粕 Soybean meal	24.00
鱼粉 Fish meal	5.00
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	5.00
大豆油 Soybean oil	1.00
食盐 NaCl	0.40
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.30
赖氨酸 Lys	0.60
蛋氨酸 Met	0.13
苏氨酸 Thr	0.17
色氨酸 Ser	0.02
石粉 Limestone	1.18
氯化胆碱 Choline chloride	0.10
预混料 Premix[1)]	0.60
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrition levels[2)]	
消化能 DE/（MJ/kg）	14.11
粗蛋白质 CP	20.21
钙 Ca	0.76
有效磷 AP	0.45
赖氨酸 Lys	1.25
蛋氨酸 Met	0.43
苏氨酸 Thr	0.71
色氨酸 Trp	0.16

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kilogram of the diet: VA 6 000 IU，VD 3 400 IU，VE 50 IU，VK_3 2 mg，VB_1 3.5 mg，VB_2 5.5 mg，VB_6 3.5 mg，VB_{12} 25.0 μg，生物素 biotin 0.05 mg，叶酸 folic acid 0.3 mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 20 mg，烟酸

niacin 20 mg，氯化胆碱 choline chloride 500 mg，Fe 110 mg，Zn 100 mg，Cu 20 mg，Mn 15 mg，Se 0.30 mg，I 0.40 mg。

2) 消化能为计算值，其余为实测值。DE was a calculated value, while the others were measured values.

5 组试验猪饲养在同一猪舍，各重复皆分隔为相同的圈，饲养管理条件一致。试验期间试验猪没有进行免疫接种，全期无死淘。特别申明：试验于 2016 年 6 月在太仓市金诸种猪场进行，当时农业部有关禁用硫酸黏菌素作为饲料添加剂的文件尚未出台，本试验旨在研究可替代硫酸黏菌素等抗生素的饲料添加剂，故设计了添加了硫酸黏菌素的对照组，所有饲喂抗生素的猪后期都仅用于科研。

1.3 检测指标

试验结束前 1 天空腹 24 h，采集血样，试验结束当日，每个重复选取 1 头断奶仔猪进行称重屠宰，采集血液用于分离血清，采集肝脏，另冲洗肠道内容物并刮取空肠和回肠黏膜。测定血清、肝脏、空肠黏膜和回肠黏膜中相关抗氧化指标。

1.3.1 血清抗氧化指标检测

试验第 21 天，每个重复选取 1 头仔猪（即每个试验组选取 6 头，公母各占 1/2），前腔静脉采血 10 mL，静置 15 min 后离心（3 000 r/min，10 min）取上清得到血清，分装后置于 -20 ℃冰箱冷冻保存待测。测定血清中总抗氧化能力(total-antioxidant capacity, T-AOC)，超氧化物歧化酶（superoxide dismutase,SOD）、谷胱甘肽过氧化物酶（glutathione peroxidases,GSH-Px）、过氧化氢酶（catalase,CAT）活性，丙二醛(malondialdehyde,MDA)、还原型谷胱甘肽（glutathione,GSH）、H_2O_2 含量。试剂盒均购自南京建成生物工程研究所，测定步骤按照试剂盒说明书进行。

1.3.2 肝脏抗氧化指标检测

取样品肝脏用生理盐水按 1:9（质量体积比）制成匀浆，充分混匀后离心（3 000 r/min、10 min），吸取上清液即酶提取液。离心的上清液用于测定肝脏 T-AOC，SOD、GSH-Px、CAT 活性，GSH、H_2O_2、MDA 含量。试剂盒均购自南京建成生物工程研究所，测定步骤按照试剂盒说明书进行。

1.3.3 肠黏膜抗氧化指标检测

空肠、回肠测量称重后，用生理盐水冲洗肠道，剪开肠段，去除空肠中内容物，用吸水

纸吸干表面的水质以及其他杂质，用载玻片刮取空肠、回肠黏膜，置于-80 ℃保存。取待测样品用生理盐水按 1:9（质量体积比）匀浆，充分混匀后离心（3 000 r/min、10 min），吸取上清液，用于测定空肠、回肠黏膜中 T-AOC，SOD、GSH-Px、CAT 活性，GSH、H_2O_2、MDA 含量。试剂盒均购自南京建成生物工程研究所，测定步骤按照试剂盒说明书进行。

1.4 统计分析

试验数据经 Excel 2013 初步计算处理后，采用 SPSS 19.0 软件对试验数据进行单因素方差分析（one-way ANOVA），用 Duncan 氏法对各组间进行多重比较，结果以平均值表示，$P<0.05$ 表示差异显著。

2 结 果

2.1 茶树油对断奶仔猪血清抗氧化指标的影响

由表 2 可知，HTO 组仔猪血清 T-AOC 显著高于 LTO 和 MTO 组（$P<0.05$），MTO 组仔猪血清 SOD 活性显著高于 HTO、CON 和 ANT 组（$P<0.05$），LTO 组仔猪血清 H_2O_2 含量显著低于 MTO、HTO 和 CON 组（$P<0.05$）。

表 2 茶树油对断奶仔猪血清抗氧化指标的影响

Table 2 Effects of tea tree oil on serum antioxidant indices of weaned piglets

项目	组别 Groups					标准误	*P* 值
Items	CON	ANT	LTO	MTO	HTO	SEM	*P*-value
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	0.07^{ab}	0.07^{ab}	0.06^{b}	0.06^{b}	0.08^{a}	0.003	0.034
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	25.07	24.51	24.30	24.27	25.00	0.606	0.991
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	0.90^{b}	0.93^{b}	1.00^{ab}	1.14^{a}	0.93^{b}	0.028	0.014
过氧化氢酶 CAT/(U/mL)	0.23	0.22	0.18	0.19	0.24	0.011	0.286
还原型谷胱甘肽 GSH/(μmol/L)	1.34	1.37	1.02	1.11	1.37	0.062	0.225
过氧化氢 H_2O_2/(mmol/L)	0.58^{a}	0.50^{b}	0.46^{b}	0.54^{a}	0.58^{a}	0.015	0.015

丙二醛 MDA/(nmol/mL)	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.003	0.190

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2　茶树油对断奶仔猪肝脏抗氧化指标的影响

由表 3 可知，LTO 组仔猪肝脏 T-AOC 显著高于 MTO 组（P<0.05），且 LTO 和 MTO 组仔猪肝脏 T-AOC 显著高于 CON 和 ANT 组（P<0.05）；LTO 和 MTO 组仔猪肝脏 GSH-Px 活性显著高于 HTO、CON 和 ANT 组（P<0.05），且 HTO 组仔猪肝脏 GSH-Px 活性显著高于 ANT 组（P<0.05）；LTO 和 MTO 组仔猪肝脏 SOD 活性显著高于 CON 组（P<0.05）；LTO 组仔猪肝脏 CAT 活性显著高于 HTO 组（P<0.05），且 LTO、MTO 和 HTO 组仔猪肝脏 CAT 活性均显著高于 CON 组（P<0.05）；HTO 组仔猪肝脏 GSH 含量显著高于 CON 和 ANT 组（P<0.05）；LTO 和 MTO 组仔猪肝脏 H_2O_2 含量显著高于 CON、ANT 和 HTO 组（P<0.05）。

表 3　茶树油对断奶仔猪肝脏抗氧化指标的影响

Table 3　Effects of tea tree oil on liver antioxidant indices of weaned piglets

项目 Items	组别 Groups CON	ANT	LTO	MTO	HTO	标准误 SEM	P 值 P-value
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg prot)	0.65^{c}	0.69^{c}	1.26^{a}	1.06^{b}	1.14^{ab}	0.058	0.000
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mg prot)	64.03^{bc}	60.87^{c}	92.57^{a}	86.78^{a}	70.18^{b}	2.577	0.000
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mg prot)	117.16^{b}	122.54^{ab}	130.03^{a}	127.35^{a}	121.35^{ab}	1.563	0.040
过氧化氢酶 CAT/(U/mg prot)	66.39^{c}	93.32^{ab}	102.05^{a}	94.93^{ab}	84.22^{b}	3.282	0.000
还原型谷胱甘肽 GSH/(μmol/g prot)	135.08^{b}	130.56^{b}	143.05^{ab}	142.70^{ab}	153.08^{a}	2.699	0.049

过氧化氢 H_2O_2/(mmol/g prot)	2.89[b]	2.92[b]	3.61[a]	3.53[a]	2.75[b]	0.114	0.021
丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)	2.78	2.31	2.54	2.43	2.56	0.097	0.662

2.3　茶树油对断奶仔猪空肠黏膜抗氧化指标的影响

由表 4 可知，HTO 组仔猪空肠黏膜 GSH-Px 和 SOD 活性显著高于 MTO 和 ANT 组（P<0.05）；LTO、MTO 和 HTO 组之间仔猪空肠黏膜 H_2O_2 含量差异不显著（P>0.05），但均显著低于 CON 组（P<0.05）。

表 4　茶树油对断奶仔猪空肠黏膜抗氧化指标的影响

Table 4　Effects of tea tree oil on jejunum mucosa antioxidant indices of weaned piglets

项目 Items	组别 Groups CON	ANT	LTO	MTO	HTO	标准误 SEM	*P* 值 *P*-value
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg prot)	1.35	1.02	1.14	1.26	1.10	0.054	0.354
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mg prot)	34.38[a]	22.60[b]	29.14[ab]	21.95[b]	33.08[a]	1.694	0.032
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mg prot)	84.73[a]	60.57[b]	67.42[ab]	63.31[b]	84.03[a]	3.299	0.032
过氧化氢酶 CAT/(U/mg prot)	5.23	4.15	4.59	4.04	4.76	0.172	0.175
还原型谷胱甘肽 GSH/(μmol/g prot)	48.16	45.01	59.75	54.28	53.26	2.546	0.411
过氧化氢 H_2O_2/(mmol/g prot)	5.75[a]	2.12[b]	2.78[b]	2.79[b]	3.65[b]	0.338	0.002
丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)	0.63	0.18	0.56	0.49	0.73	0.065	0.075

2.4　茶树油对断奶仔猪回肠黏膜抗氧化指标的影响

由表 5 可知，HTO 组仔猪回肠黏膜 SOD 活性和 GSH 含量显著高于 CON 组（P<0.05）；LTO、MTO 和 HTO 组之间仔猪空肠黏膜 MDA 含量差异不显著（P>0.05），但均显著低于

CON 组（$P<0.05$）。

表 5　茶树油对断奶仔猪回肠黏膜抗氧化指标的影响

Table 5　Effects of tea tree oil on ileum mucosa antioxidant indices of weaned piglets

项目 Items	组别 Groups CON	ANT	LTO	MTO	HTO	标准误 SEM	P 值 P-value
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg prot)	1.10	1.58	0.86	1.01	1.40	0.108	0.242
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mg prot)	23.06	25.13	30.06	23.21	24.57	1.430	0.605
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mg prot)	47.08^{b}	55.54^{ab}	56.42^{ab}	56.11^{ab}	62.73^{a}	1.652	0.034
过氧化氢酶 CAT/(U/mg prot)	3.03	3.39	3.68	3.20	3.76	0.180	0.721
还原型谷胱甘肽 GSH/(μmol/g prot)	45.21^{b}	52.83^{ab}	52.38^{ab}	50.01^{ab}	57.84^{a}	1.350	0.031
过氧化氢 H_2O_2/(mmol/g prot)	4.95	4.93	4.34	3.77	4.94	0.221	0.348
丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)	2.34^{a}	0.66^{b}	0.93^{b}	0.53^{b}	0.69^{b}	0.143	0.000

3　讨　论

3.1　茶树油对断奶仔猪血清抗氧化指标的影响

断奶会导致仔猪氧化应激，其体内产生的过量的自由基可引起脂质过氧化以及蛋白质和DNA 的损失，产生腹泻、生长受阻和免疫力降低等不良现象[13-14]。已有研究表明，在断奶仔猪饲粮中添加适量的植物精油提取物可提高仔猪抗氧化功能[15-16]。植物精油的抗氧化功能可能源自 2 方面因素，一方面是植物精油中含酚羟基类化合物，这类化合物可抑制自由基的产生，也可直接清除自由基，还可增强机体本身抗氧化系统的功能，从多个环节阻断自由基造成的氧化损伤；另一方面是植物精油能调动或激活机体本身内源性抗氧化剂，使其含量和活性达到机体需要水平，进而预防和减轻自由基对机体的损伤[16]。前人研究表明，茶树油是

一种天然的抗氧化剂，可有效清除自由基二苯基苦基苯肼（DPPH）[12]。本研究发现，饲粮添加抗生素对仔猪血清 SOD 活性无显著影响，而饲粮添加 100 mg/kg 茶树油可显著提高仔猪血清 SOD 活性，增强机体清除自由基 O_2^-的能力；仔猪饲粮中添加 50 mg/kg 茶树油，其血清 H_2O_2 含量显著降低。这与前人的研究基本一致，而茶树油的主要抗氧化成分可能是α-松油烯[12]。此外，抗生素可降低断奶仔猪血清中 H_2O_2 的含量，暗示抗生素也具有一定的抗氧化功能，但抗生素造成的耐药性和环境污染问题突出，禁止使用抗生素是畜牧业发展的必然趋势，因此，不推荐在断奶仔猪饲粮中添加抗生素来缓解断奶应激。

3.2　茶树油对断奶仔猪肝脏抗氧化指标的影响

肝脏是机体最大的腺体器官，其在养分的代谢、胆汁生成、解毒凝血、免疫、产热以及水与电解质的调节中均具有重要作用。当机体发生氧化应激时，产生的过量的氧自由基可以使肝脏细胞膜的脂质发生过氧化损伤，如果发生在内皮，还会导致肝脏毛细血管通透性增高，导致微循环障碍[17]。断奶能够诱发仔猪的氧化应激，使仔猪肝脏等组织器官受损，功能紊乱，影响机体养分代谢[18]。此外，氧化应激状态下，机体肝脏的免疫功能也受到影响。本研究发现，饲粮中添加茶树油使断奶仔猪肝脏 T-AOC 显著增强，且效果优于抗生素。饲粮中添加 50 和 100 mg/kg 茶树油，断奶仔猪肝脏中 GSH-Px 和 SOD 活性显著提高；饲粮中添加 150 mg/kg 茶树油，断奶仔猪肝脏中 GSH 含量显著增加。这些结果说明，茶树油可以通过提高断奶仔猪肝脏抗氧化酶的活性来增强断奶仔猪肝脏消除 O_2^-和 H_2O_2 的功能，进而提高断奶仔猪的抗氧化功能。茶树油具有抗氧化功效，且其成分中抗氧化功能由强到弱为：α-松油烯>α-异松油烯>γ-萜品烯[19]。但是目前有关茶树油对肝脏的抗氧化功能的研究尚未见报道。此外，本研究发现，饲粮添加低水平（50 和 100 mg/kg）的茶树油，仔猪肝脏中 H_2O_2 含量有所提高，原因尚不清楚，有待进一步研究。

3.3　茶树油对断奶仔猪小肠黏膜抗氧化指标的影响

有研究表明，早期断奶对血清中抗氧化状态影响稍弱，但更容易对仔猪肠道造成氧化损伤[20]。研究表明，氧化应激对断奶仔猪的危害主要表现为肠道黏膜受损、屏障功能降低，从而引发严重腹泻、养分消化利用率降低[21]。本研究发现，饲粮添加茶树油和抗生素，断奶仔猪空肠黏膜 H_2O_2 含量和回肠黏膜 MDA 含量显著降低；饲粮添加 150 mg/kg 茶树油，断奶仔猪回肠黏膜 SOD 活性和 GSH 含量显著高于 CON 组，空肠黏膜 GSH-Px 和 SOD 活性显著

高于 ANT 组。这些结果说明，在断奶仔猪饲粮中添加茶树油和抗生素，均可减少其空肠 H_2O_2 含量，缓解其回肠的脂质过氧化，添加 150 mg/kg 茶树油仔猪空肠黏膜清除自由基的能力强于添加抗生素，仔猪回肠黏膜清除自由基的能力显著增强。这与我们实验室前期的研究结果相一致，前期研究表明，饲粮中添加适量茶树油可一定程度促进断奶仔猪生长，降低腹泻，这可能与茶树油可提高断奶仔猪肠道黏膜抗氧化功能有关。另有研究表明，茶树油可抑制黏膜炎症，在手帕上滴 2 滴茶树油，把手帕放在鼻子下面，5 min 后鼻子通畅，暗示了茶树油对黏膜的抗氧化功能和免疫功能的改善。目前茶树油主要作为外用产品用于护肤、消炎抗菌，或者用作食品添加剂来调味，但其作为饲料添加剂用于畜禽养殖的研究尚未见报道，茶树油对肠道黏膜抗氧化功能的研究也尚未报道。茶树油的原产国是澳大利亚，目前，我国的广东、广西、云南等省份也开始规模种植加工茶树油，每年在广西的产量就达数十吨，未来茶树油有望作为一种饲料添加剂应用于养猪生产，提高断奶仔猪抗氧化应激的能力，减少腹泻和缓解断奶应激。

4 结 论

饲粮中添加茶树油可提高断奶仔猪血清、肝脏和小肠黏膜抗氧化酶活性，减少血清和空肠黏膜 H_2O_2 含量，进而提高断奶仔猪的机体抗氧化功能，建议添加量为 100 mg/kg。

参考文献:

[1] CADENAS E,DAVIES K J.Mitochondrial free radical generation,oxidative stress,and aging[J].Free Radical Biology&Medicine,2000,29(3/4):222-230.

[2] DIZDAROGLU M,JARUGA P,BIRINCIOGLU M,et al.Free radical-induced damage to DNA:mechanisms and measurement[J].Free Radical Biology&Medicine,2002,32(11):1102-1115.

[3] DALLE-DONNE I,ROSSI R,GIUSTARINI D,et al.Protein carbonyl groups as biomarkers of oxidative stress[J].International Journal of Clinical Chemistry,2003,329(1/2):23-28.

[4] ROBERT M S,PAPASANI V S.Protection of membrane cholesterol by sphingomyelin against free radical-mediated oxidation[J].Free Radical Biology&Medicine,2006,40(12):2092-2102.

[5] ROESSNER A,KUESTER D,MALFERTHERNER P,et al.Oxidative stress in ulcerative

colitis-associated carcinogenesis[J].Pathology, Research and Practice,2008,204(7):511-515.

[6] HASKINS K,BRENDA B,KATHERINE P,et al.Oxidative stress in type 1 diabetes[J].Annals of the New York Academy of Sciences,2003,1005(1):43-48.

[7] HARRISON D,GRIENDLING K K,LANDMESSER U,et al.Role of oxidative stress in atherosclerosis[J].American Journal of Cardiology,2003,91(3A):7-18.

[8] 杨家军.早期断奶仔猪肠上皮细胞氧化与损伤及二氢杨梅素对其调控作用[D].硕士学位论文.北京：中国农业科学院,2012.

[9] 罗振,朱薇,郭奇，等.断奶对仔猪肝脏氧化应激、凋亡及 MAPK 通路的影响[C].中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十二次动物营养学术研讨会论文集.北京：中国农业大学出版社有限公司，2016.

[10] SEAN T,GAO Y Y,SCHEFFER C G,et al.Terpinen-4-ol is the most active ingredient of tea tree oil to kill demodex mites[J].Translational Vision Science & Technology,2013,2(7): 2-7.

[11] GREAY S J,IRELAND D J,KISSICK H T,et al.Induction of necrosis and cell cycle arrest in murine cancer cell lines by *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil and terpinen-4-ol[J].Cancer Chemotherapy&Pharmacology,2010,65(5):877-886.

[12] 樊丽妃.引种互叶白千层茶树油的抑菌活性与抗氧化性研究[D].硕士学位论文.广州：华南理工大学,2011.

[13] VIOLAINE C,PIERRE O,ALINE F,et al.Consequences of weaned piglets at 21 and 28 days on growth, behaviour and hormonal responses[J].Applied Animal Behaviour Science,2006,98(2):70-88.

[14] WOROBEC E K,DUNCAN I J H,WIDOWSKI T M.The effects of weaning at 7, 14 and 28 days on piglet behaviour[J].Applied Animal Behaviour Science,1999, 62(2/3):173-182.

[15]方秋红,侯永清,赵迪,等.植物精油对断奶仔猪生长性能及血液生化指标的影响[J].饲料工业,2014,35(17):44-47.

[16]方热军,李美君,周学彬,等.植物精油提取物对断奶仔猪生产性能及血液生化指标的影响[J].饲料工业,2010,31(16): 9-12.

[17] 李永塘.α-酮戊二酸对脂多糖刺激仔猪肝脏形态结构及生理功能的影响[D].硕士学位论

文.武汉：武汉工业学院,2009.

[18] 袁施彬,陈代文.氧化应激对断奶仔猪组织抗氧化酶活性和病理学变化的影响[J].中国兽医学报,2009,29(1):74-78.

[19] KIM H,CHEN F,WU C Q,et al.Evaluation of antioxidant activity of australian tea tree (*Melaleuca alternifolia*) oil and its components[J].Journal of Agricultural & Food Chemistry,2004,52(10):2849-2854.

[20] 徐建雄.不同断奶日龄仔猪的氧化应激损伤及其机理研究[D].博士学位论文.南京：南京农业大学,2014.

[21] 袁施彬,陈代文,余冰,等.氧化应激对断奶仔猪生产性能和养分利用率的影响[J].中国饲料,2007(8):19-22.

Effects of Tea Tree Oil on Antioxidant Indices in Serum, Liver and Intestinal Mucosa of Weaned Piglets*

DONG Li WANG Shunan* LIU Jun MAO Junzhou PENG Zhong HUO Yongjiu WEI Zhenwu BAO Wenbin YU Lihuai**

(*College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou* 225009, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects tea tree oil (TTO) on antioxidant indices in serum, liver and intestinal mucosa of weaned piglets. One hundred and twenty 21-day-old “Duroc×Landrace×Yorkshire” hybrid weaned piglets with similar body weight of [(6.73±0.12) kg] were selected and randomly assigned to 5 groups with 6 replicates per group and 4 piglets per replicate. The five groups were as follows: control group (CON group, fed a basal diet), antibiotic group [ANT group, fed the basal diet+200 mg/kg colistin (10%)+75 mg/kg chlortetracycline (15%)], low tea tree oil group (LTO group, fed the basal diet+50 mg/kg tea tree oil), middle tea tree oil group (MTO group, fed the basal diet+100 mg/kg tea tree oil) and high tea tree oil group (HTO group, fed the basal diet+150 mg/kg tea tree oil). The experiment lasted for 21 days. The results showed as follows: 1) the serum total-antioxidant capacities（T-AOC） of piglets of HTO group was significantly higher than that of LTO and MTO groups（P<0.05), the serum superoxide dismutase (SOD) activity of piglets of MTO group was significantly higher than that of HTO, CON and ANT groups（P<0.05), the serum hydrogen peroxide (H_2O_2) content of piglets of LTO group was significantly lower than that of MTO, HTO and CON groups（P<0.05). 2) Compared with the CON and ANT groups, the liver T-AOC of piglets of LTO, MTO and HTO groups was significant increased（P<0.05), the glutathione peroxidases (GSH-Px) activity and H_2O_2 content in liver of piglets of LTO and MTO groups were significant increased（P<0.05), the liver glutathione (GSH) content of piglets of HTO group was significant increased（P<0.05). Compared with the CON group, the liver SOD activity of piglets of LTO and MTO groups were

significant increased（$P<0.05$). 3) The activities of GSH-Px and SOD in jejunum mucosa of piglets were significantly higher than those of ANT group（$P<0.05$), the jejunum mucosa H_2O_2 content of piglets of LTO, MTO and HTO and ANT groups was significantly lower than that of CON group（$P<0.05$). 4) The SOD activity and GSH content in ileum mucosa of piglets of HTO group were significantly higher than those of CON group（$P<0.05$), the ileum mucosa MDA content of piglets of LTO, MTO and HTO and ANT groups was significantly lower than that of CON group（$P<0.05$). It is concluded that tea tree oil can improve the activities of antioxidant enzyme in serum, liver and intestinal mucosa, and decrease the content of H_2O_2 in serum and jejunum mucosa of weaned piglets, thus improve the antioxidant ability of weaned piglets, and the general effect was better than antibiotics, the recommend additive amount of tea tree oil is 100 mg/kg.

Key words: tea tree oil; antibiotics; weaned piglets; antioxidant enzymes; hydrogen peroxide

---

*Contributed equally

**Corresponding author, associate professor, E-mail: 952163339@qq.com (责任编辑　武海龙)